



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kati Kuuttila

# POLYMEERIEIN KÄYTTÖ FERRISUL- FAATIN RINNALLA HAUKINEVAN KEMIKALOINTIASEMALLA

Tekniikan yksikkö  
2015

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kati Kuuttila
Opinnäytetyön nimi	Polymeerien käyttö ferrisulfaatin rinnalla Haukinevan kemikalointiasemalla
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	45 + 3 liitettä
Ohjaaja	Pekka Stén

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää polymeerien toimivuutta ferrisulfaatin rinnalla turvetuotannon valumavesien kemiallisessa puhdistuksessa. Työ toteutettiin Vapo Oy:n toimeksiantona Haukinevan turvetuotantoalueella.

Laboratoriomittakaavassa tehdyissä polymeerien lisäyskokeissa kokeiltiin erilaisia polymeerejä parhaiten toimivan yhdistelmän löytämiseksi. Polymeerien avulla pyrittiin säilyttämään puhdistetun veden pH-arvo korkeammalla ja tehostamaan epäpuhtauksien saostumista sekä laskeutumista. Polymeerit valittiin siten, että ne voitaisiin lisätä yhtäaikaan ferrisulfaatin kanssa isojen rakenteellisten muutosten välttämiseksi.

Kokeiden avulla parhaiten toimivaksi polymeeriksi todettiin orgaaninen koagulantti Superfloc C577. Veden pH-arvo säilyi korkeampana, ja puhdistusteho oli erittäin hyvä. Kemikaalien yhdistelmän käyttöönotto olisi mahdollista myös käytännössä, sillä saatavilla on valmis sekoitus, joten rakenteellisia muutoksia ei tarvitsisi tehdä.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Environmental technology

## ABSTRACT

Author	Kati Kuuttila
Title	Using Polymers alongside Ferrous Sulfate at Haukineva Chemical Station
Year	2015
Language	Finnish
Pages	45 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Pekka Stén

---

The purpose of this study was to investigate how polymers work alongside ferrous sulfate in the chemical purification of waste waters produced in peat extraction. The thesis was done at Haukineva peat extraction site and supervised by Vapo Oy.

In the laboratory tests several different polymers were added and tested in order to find the best suitable compound. The aim of using polymers was to keep the pH-level of the purified water more elevated and to enhance the flocculation and sedimentation of the impurities. In order to avoid major structural modifications, the criterion for the polymers chosen to be tested was the capability to be used simultaneously with the ferrous sulfate.

According to the tests done during this study, the best suitable polymer was the organic coagulant Superfloc C577. By using this polymer, the quality of the purified water was excellent and the pH-level remained more elevated. The combined use of these chemicals would be possible also in practice without any structural modifications, since there is already a prefabricated mixture available.

---

Keywords	Ferrous sulfate, polymer, pH, chemical purification
----------	---

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	9
2	VAPO OY .....	10
	2.1 Ympäristösitoumus.....	10
	2.2 Historia .....	11
3	TURVETUOTANTO .....	12
	3.1 Yleisesti .....	12
	3.2 Turvetuotanto Haukinevalla .....	13
	3.3 Tuotantoalueen jälkikäyttö .....	14
4	TURVETUOTANNON VEDET JA NIIDEN KÄSITTELY .....	16
	4.1 Humus .....	16
	4.2 Kiintoaine .....	17
	4.3 Alhainen pH .....	17
	4.4 Fosfori- ja typpikuormitus.....	17
	4.5 Vesienkäsittelyrakenteet.....	19
5	HAUKINEVAN KEMIKALOINTIASEMA .....	23
	5.1 Yleisesti .....	23
	5.2 Ongelmat .....	25
6	KEMIKALOINTIASEMAN SEURANTA .....	27
	6.1 Sameuden seuranta .....	28
	6.2 pH:n seuranta.....	30
7	KEMIALLINEN FLOKKAUS.....	32
	7.1 Ferrisulfaatti .....	34
	7.2 Kemialliset reaktiot .....	35
8	POLYMEERIN LISÄYSKOKEET .....	36
9	TULOSTEN ANALYSOINTI.....	39
	9.1 Tuloksia taulukoissa.....	39
	9.2 Kustannukset .....	42

10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
LÄHTEET .....	44
LIITTEET	

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b> Turvemaiden käyttö Suomessa. Turvetuotannossa on alle prosentti Suomen suomaista. (Turveinfo 2015) .....	12
<b>Kuvio 2.</b> Vesistöjen fosforikuormitus. Turvetuotannon osuus kokonaiskuormituksesta on 0,7 %. (Vapo 2012).....	18
<b>Kuvio 3.</b> Vesistöjen typpikuormitus. Turvetuotannon osuus kokonaiskuormituksesta on 1,0 %. (Vapo 2012).....	19
<b>Kuvio 4.</b> Vesienpuhdistuksen perusrakenteita. (Turveteollisuusliitto 2009) .....	19
<b>Kuvio 5.</b> Laskeutusaltaan pinnalla kelluva pintapuomi pidättää kiintoainetta, ja mittapato säätelee poistettavan veden määrää. ....	20
<b>Kuvio 6.</b> Laskeutusallas ja sen viereinen läjitysalue sekä pintavalutuskenttä, johon vesi pyritään jakamaan tasaisesti useammalla purkautumiskohdalla. ....	21
<b>Kuvio 7.</b> Aidattu kemikaalisäiliö ja sen vieressä oleva hätäsuihku. ....	23
<b>Kuvio 8.</b> Pumppukaivot; vasemmanpuoleisiin nostetaan vesi laskeutusaltaasta, välissä olevaan putkeen syötetään ferrisulfaatti ja jälkimmäisessä kaivossa vettä sekoitetaan ennen kuin se pumpataan eteenpäin selkeytysaltaaseen. ....	24
<b>Kuvio 9.</b> Varoituskyltti kemikalointiasemalla. ....	25
<b>Kuvio 10.</b> Sameuden seurannan tuloksia. ....	29
<b>Kuvio 11.</b> pH:n seurannan tuloksia. ....	30
<b>Kuvio 12.</b> Sameuden ja pH:n seurantakäyrät näyttävät melko samanlaisilta. ....	31
<b>Kuvio 13.</b> Kemikaalin lisäyksen jälkeen muodostuvaa sakkaa, joka on kuvassa laskeutumassa pullon pohjalle. ....	32
<b>Kuvio 14.</b> Koejärjestelyjä; kuvassa näkyvät litran näyteastiat, miniflokkulaattorit, sameusmittari sekä pienet näytepullot Kemiralle lähteviä näytteitä varten. ....	36
<b>Kuvio 15.</b> Ferrisulfaatin ja polymeerin yhtäikainen lisäys koetilanteessa. ....	37
<b>Kuvio 16.</b> TOC-analyyseja varten vedestä suodatettiin 0,45µm suodattimella erillinen näyte. ....	38
<b>Kuvio 17.</b> Parhaiden yhdistelmien tulokset. Oikeanpuolimmainen vastaa nykytilaa, jossa on käytössä pelkkä ferrisulfaatti. ....	40
<b>Taulukko 1.</b> Ote seurantataulukosta. ....	28
<b>Taulukko 2.</b> Viiden parhaan koepisteen tulokset samassa taulukossa. ....	39
<b>Taulukko 3.</b> Useassa kokeessa kiintoainepitoisuus oli suurempi kuin lähtötilanteessa. ....	41
<b>Taulukko 4.</b> Erityisesti kokeiden 27 ja 15 reduktioarvot erosivat toisistaan paljon. ....	41
<b>Taulukko 5.</b> Lähtevän veden sameus, pH ja kiintoainepitoisuus ovat hieman korkeampia kuin vertailukokeessa. ....	42

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1** Kemikalointiaseman päivittäinen seuranta

**LIITE 2** Polymeerien lisäyskokeiden kaikki tulokset

**LIITE 3** Kuvia kemikalointiasemalta

## **SANASTOA**

<b>BAT</b>	Paras käyttökelpoinen vesienkäsittelytekniikka vesistökuormituksen minimointiin.
<b>Flokkaus</b>	Tarkoittaa erotusprosessin vaihetta, jossa veden epäpuhtaudet saostetaan kemikaalin avulla isommiksi ja nopeammin laskeutuviksi hiutaleiksi.
<b>Kasvillisuuskenttä</b>	Yleensä käytöstä poistuneelle tuotantopohjalle rakennettava vesienkäsittelymenetelmä. Sen voidaan antaa kasvittua luontaisesti, mutta usein siihen kylvetään ruokohelpiä tai pajua.
<b>Kosteikko</b>	Yleisnimitys märälle maa-alueelle, joka on vähintään osan vuodesta veden peitossa. Turvetuotannon pintavalutus- ja kasvillisuuskentät ovat siis kaikki kosteikkoja. (Vapo 2012)
<b>Laskeutusallas</b>	Tilavuudeltaan miljoonien litrojen kokoinen allas, jossa veden viivettä lisäämällä saadaan epäpuhtaudet laskemaan painovoiman vaikutuksesta altaan pohjalle.
<b>Pintavalutuskenttä</b>	Rajattu suoalue, jota käytetään valumavesien luonnonmukaiseen puhdistukseen luonnollista suotautumista hyödyntäen. (Vapo 2012)
<b>Polymeeri</b>	Suuri molekyyli, joka on muodostunut monista pienistä molekyyleistä eli monomeereista. (Kemira 2015)
<b>Virtaama</b>	Uoman poikkileikkauksen läpi kulkevan veden tilavuus aikayksikössä (l/s tai m <sup>3</sup> /s)



## 1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena oli selvittää polymeerien toimivuus ferrisulfaatin rinnalla turvetuotannon kuivatusvesien puhdistuksessa. Nykyisin, pelkkää ferrisulfaattia käytettäessä, puhdistetun veden pH on alhainen puhdistustehon ollessa riittävä. Alhainen pH vaikuttaa alapuolisten vesistöjen happamoitumiseen ja eliöstöön, joka on sopeutunut elämään pH-alueella 6–8.

Turvetuotantoa ja sen aiheuttamien valumavesien puhdistusta säädelään ympäristöluvilla. Haukinevan turvetuotantoalueen ympäristöluvassa määrätään puhdistustehot kokonaistypelle ja -fosforille sekä COD:lle. Ympäristöluvan asettamien lupaehtojen täyttyminen on edellytys tuotannon jatkumiselle, joten vesienkäsittelymenetelmien tehoa seurataan jatkuvasti.

Opinnäytetyön käytännön tutkimuksissa selvitettiin laboratoriomittakaavassa polymeerien sopivuutta ferrisulfaatin rinnalle. Kokeita tehtiin litran erissä yhteensä 35 kpl, ja ferrisulfaatin rinnalle kokeiltiin kuutta kemikaalia. Kaikista näytteistä mitattiin sekä pH että sameus heti, ja kymmenestä parhaasta näytteestä tehtiin vielä lisätutkimuksia Kemiralla. Lisäksi puhdistustehoa seurattiin tutkimalla päivittäisistä vesinäytteistä sameus ja pH. Vesinäytteet kerättiin kolmesta eri pisteestä, ja kemikalointiaseman ATK-järjestelmän keräämiä tietoja esimerkiksi pumppujen käyntiajoista kirjattiin ylös.

Työn toimeksiantajana toimi Vapo Oy. Tutkimus- ja seurantakohteena oli Haukinevan turvetuotantoalueen kemikalointiasema. Haukineva on iso, 8 kilometrin pituinen alue, joten kemikalointiaseman kautta johdetaan vain osa tuotannon valumavesistä. Muut käsittelymenetelmät on tässä työssä esitelty vain lyhyesti.

## **2 VAPO OY**

Vapo Oy on puupolttoaineiden, bioenergian sekä ympäristöliiketoimintaratkaisujen johtava toimittaja sekä kehittäjä Suomessa, Ruotsissa ja Virossa. Emoyhtiö Vapo Oy:n osakkeista Suomen valtio omistaa enemmistöosuuden 50,1 % ja Suomen Energiavarat Oy 49,9 % osuuden. Suomen Energiavarat Oy on 16 suomalaisen energiayhtiön omistama osakeyhtiö. (Vapo 2015)

Viimeisimmän tilikauden 1.1.2013 – 30.4.2014 liikevaihto oli 847,4 miljoonaa euroa. Tilikausi oli poikkeuksellisesti 16 kuukauden mittainen tilikauden muutoksen takia, joten luku ei ole täysin vertailukelpoinen aiempiin vuosiin. Karkealla vertailulla on kuitenkin huomattu, että liiketulos näyttää paremmalta kuin vertailukauden tulos. Henkilöstöä koko konsernilla oli viimeisimmän tilikauden aikana keskimäärin 1091 henkilöä. (Vapo 2014 a.)

Vapo Oy koostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta, jotka ovat turvetuotteet, puupolttoaineet sekä sähkö ja lämpö. Lisäksi Vapo-konserniin kuuluu omina liiketoiminta-alueinaan tytäryhtiöt Kekkilä Oy ja Vapo Timber Oy. (Vapo 2015)

### **2.1 Ympäristösitoumus**

Vuonna 2011 Vapo julkisti ympäristösitoumuksen, jonka mukaan kaikki tuotanto-suot rakennetaan parhaan käyttökelpoisen vesienkäsittelytekniikan (BAT) piiriin vuoden 2014 loppuun mennessä. Vesiensuojelurakenteiden toimivuutta valvotaan säännöllisillä tarkastuksilla. Lisäksi Vapo tuottaa turvetta vain luonnontilaltaan jo muuttuneilla soilla, kuten metsäojitetuilla alueilla. Koskemattomille, luonnontilaisille soille ei haeta enää uusia ympäristölupia. Vapon tavoitteena on tehostaa ennaltaehkäisevää vesiensuojelua ja merkittävien luontoarvojen huomioimista ympäristölupahakemuksissaan. Lisäksi Vapo on sitoutunut siihen, että vuodesta 2016 lähtien uusien tuotantoalueiden kiintoaine- ja humuskuormitus on pienempi kuin kuormitus ennen tuotannon aloittamista. (Vapo 2015)

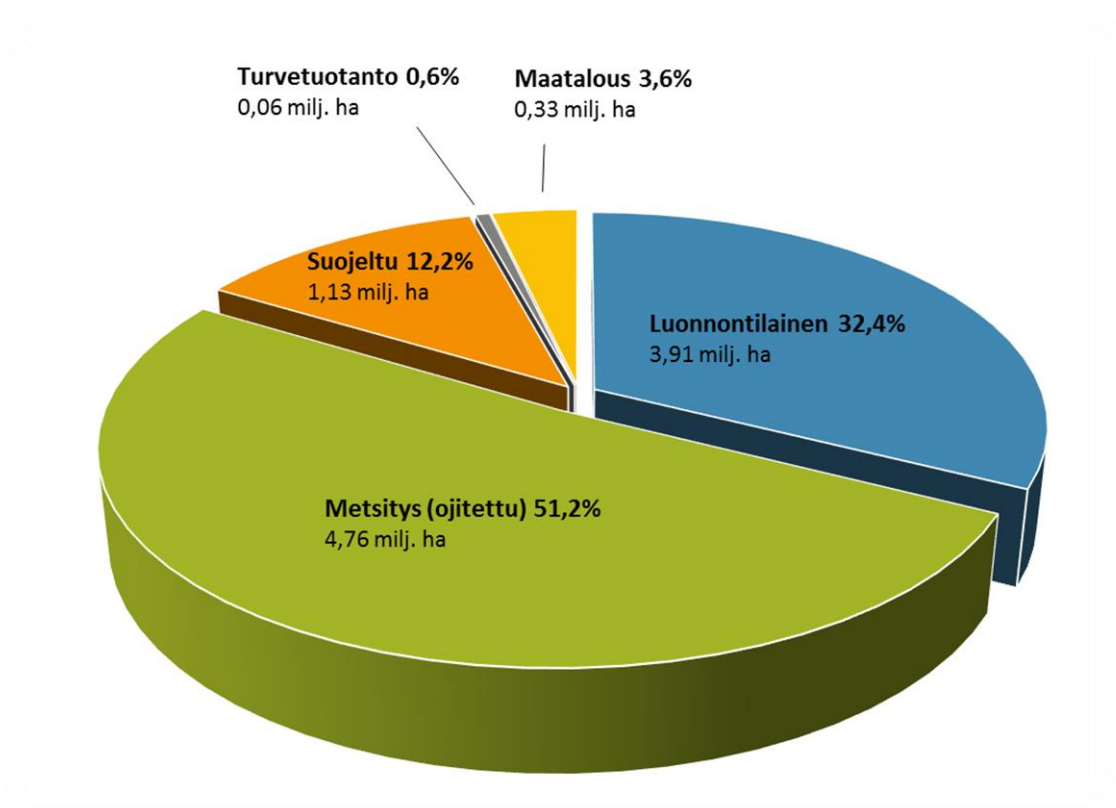
## 2.2 Historia

Vapon toiminnan alku sijoittuu vuoden 1940 tammikuulle. Tuolloin Valtioneuvosto keskitti valtion laitosten polttopuiden ja puutavaran hankinnat Vapon edeltäjälle, Rautatiehallituksen Puutavaratoimistolle (Vapo). Viisi vuotta myöhemmin, vuonna 1945, nimi muutettiin Valtion Polttoainetoimistoksi, josta kehittyi lyhenne Vapo. Lopulta lyhenne kuitenkin virallistettiin 1960-luvulla. (Vapo 2015)

Turvetuotanto sai alkunsa 1940-luvun puolivälissä. Tuolloin turpeeseen liittyvä toiminta oli kuitenkin vain valtiolle tulleiden polttoturve-eriän välittämistä kuluttajille. Varsinainen turpeen tuotanto käynnistyi vasta 1970-luvulla. Lämpöliiketoiminta käynnistyi vuosikymmentä myöhemmin ja ympäristöliiketoiminta 1990-luvulla. 2000-luvulla toiminta laajeni kansainväliseksi Vapon ostaessa ruotsalaisia ja virolaisia turve- ja ympäristöalan toimijoita. (Vapo 2015)

### 3 TURVETUOTANTO

Suomen maapinta-alasta hieman alle kolmasosa eli 9,29 miljoonaa hehtaaria on turvemaata, josta on turvetuotannon käytössä alle prosentti. Noin 12 % suoalasta on suojeltua, ja luonnontilaista turvemaata on noin 32 %. Turve on merkittävä energianlähde Suomelle, sillä turpeen osuus energian kokonaiskulutuksesta on noin 6 %. (Turveinfo 2015; Vapo 2005)



**Kuvio 1.** Turvemaiden käyttö Suomessa. Turvetuotannossa on alle prosentti Suomen suomaista. (Turveinfo 2015)

#### 3.1 Yleisesti

Turve syntyy kosteissa olosuhteissa, kun kuolleet kasvinosat eivät hajoa kunnolla hapenpuutteen ja runsaan veden vuoksi. Maa-aines, jonka kuivamassasta vähintään 75 % on orgaanista ainesta, luokitellaan turpeeksi. Turvetta muodostuu koko

ajan lisää, ja Suomen viileä ja koste ilmasto on otollinen turpeen muodostumiselle. Käyttötarkoitukset vaihtelevat sen mukaan, kuinka syvältä suosta turve nostetaan. Pinnalta nostettava turve on väriltään vaaleampaa ja sitä käytetään esimerkiksi eläinten kuivikkeena ja kompostoinnissa. Syvemmältä nostetaan tummempaa turvetta, jota käytetään pääasiassa energiantuotannossa. (Bioenergia 2015; GTK 2015; Turveinfo 2015)

Turve on kotimainen polttoaine, jota käyttämällä voidaan korvata tuontien energiaa. Suomessa tuontien energian osuus on noin 70 % ja moniin muihin maihin verrattuna osuus on suuri. Puupolttoaineisiin verrattuna turpeen etuja ovat tasainen laatu, varastoinnin helppous, parempi saatavuus, sekä pienemmät tuotantokustannukset. (Vapo 2005)

Turvetuotantoa ja uusien tuotantoalueiden käyttöönottoa säädellään ympäristöluvilla. Luvat edellyttävät, ettei tuotanto heikennä alapuolisten vesistöjen tilaa merkittävästi. Niissä määrätään muun muassa vesienkäsittelyrakenteista, tuotantoalueen koosta, vesien puhdistuksesta ja alueen jälkikäytöstä. Soiden luvitusprosessi voi nykyisin kestää 4–12 vuotta. Vasta tämän jälkeen suota voidaan ruveta valmistelevaan tuotantoon, joten turvetuotannon aloittaminen uudella alueella voi kestää yhteensä 20 vuotta. (Turveinfo 2015; Vapo 2015)

Turpeen tuotanto on kausittaista. Tuotanto ajoittuu yleensä toukokuun puolivälistä elo-syyskuun vaihteeseen. Nostettavan turpeen määrä riippuu pitkälti säästä, koska nostettu turve kuivatetaan auringon avulla suon pinnalla. Sateisien päivien ajaksi tuotanto keskeytetään. Myös kova tuuli rajoittaa tuotantoa pölyhaittojen takia. (Turveinfo 2015)

### **3.2 Turvetuotanto Haukinevalla**

Haukinevan turvetuotantoalue toimii Jalasjärven kunnan ja Seinäjoen kaupungin alueella. Suon pituus pohjois-eteläsuunnassa on 8 km. Tuotantoalueen ojitukset on tehty jo vuosina 1972–1975, ja tuotanto alkoi vuonna 1975. Nykyinen ympäristö-

lupa on myönnetty 1067 ha:n alueelle. Osa alueesta on vuokrattua ja osa Vapon omistuksessa. (Vapo 2005)

Haukinevan alueella tuotetaan pala-, jyrsin- ja ympäristöturvetta. Tuotannossa käytetään imuvaunuja ja haku-, pala- sekä karheensiirtomenetelmiä. Tuotantopäivien määrä vaihtelee 30 ja 50 päivän välillä, joten myös tuotantomäärät vaihtelevat melko paljon. Tuotannon on arvioitu päättyvän vuonna 2030. (Aluehallintovirasto 2013)

Ympäristöluvassa määrätään, että laskuojien 2 ja 9 kautta pois johdettavat vedet on puhdistettava kemiallisesti ympäri vuoden. Lisäksi kemialliselle puhdistukselle on määrätty teho eli reduktio. Määrätyt reduktiot ovat COD:lle eli kemialliselle hapenkulutukselle 60 %, kokonaisfosforille 60 % ja kokonaistypelle 30 %. (Aluehallintovirasto 2013)

Kokonaisfosfori kertoo vedessä olevan fosforin kokonaismäärän eli se sisältää kaikki fosforin eri muodot. Samoin kokonaistypen määrään sisältyvät kaikki typen esiintymismuodot, kuten nitraatti, nitriitti ja ammonium. (Jutila H. & Salminen P. 2006)

### **3.3 Tuotantoalueen jälkikäyttö**

Tuotantoalueen jälkikäytöllä tarkoitetaan maankäyttöä turvetuotannon loppumisen jälkeen. Jälkikäytöstä päättää aina maanomistaja. Alue voidaan esimerkiksi soistaa uudelleen tai ottaa viljelykäyttöön puhtaan kasvumaan ansiosta. Jälkikäyttöön vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi alueen vesitalous, pinnanmuodot ja alueen kivisyys. Vapolta on poistunut tuotannosta noin 35000 hehtaaria maata, josta noin 15000 hehtaaria on kasvavan metsän pohjana ja hieman alle 15000 hehtaaria on maatalouskäytössä. Loput maasta on ennallistettuja soita ja kosteikkoja. Monesti poistuneita alueita käytetään vielä tuotannossa olevien maiden tukialeinen ennen seuraavaa maankäyttömuotoa. (Turveinfo 2015; Vapo 2015)

Alueen uudelleen soistaminen on periaatteessa melko yksinkertainen prosessi. Alueen vesitalous järjestetään niin, että veden pinta on lähellä maanpintaa, jolloin soistuminen alkaa uudelleen. Muutosta voidaan myös nopeuttaa istuttamalla suokasveja paljaalle maapohjalle. Märillä alueilla tämä on useimmiten ainut jälkikäytön mahdollisuus. Runsaskivisillä alueilla maanviljely on hankalaa, joten kivisien alueiden jälkikäyttömuodoksi valikoituu usein metsittäminen. Vähäkiviset ja kuivat alueet ovat sen sijaan suosittuja viljelymaita. (Vapo 2014 a.)

Tuotannosta poistuvat tuotantoalueet ovat yleensä kysyttyjä alueita, ja uusia jälkikäyttömuotoja kehitelläänkin jatkuvasti. Esimerkiksi Riihimäellä on tehty tekoepesiä kattohaikaroille ja Leivonmäellä on rakennettu kevytilmailukenttä. Myös tonttien rakennusmahdollisuuksiin on tutustuttu. (Vapo 2014 a.)

## 4 TURVETUOTANNON VEDET JA NIIDEN KÄSITTELY

Turvetuotannossa syntyy valumavesiä, jotka ovat suoperäisiä luonnonvesiä. Huuhtoutumisen vuoksi ne sisältävät kiintoainetta, ravinteita ja humusta yleensä enemmän kuin luonnontilaisen suon vesi, minkä vuoksi vesi on puhdistettava ennen kuin se lasketaan tuotantoalueen ulkopuolelle. Turvetuotannossa syntyvät valumavedet eivät kuitenkaan sisällä vieraita aineita, ja yleensä ne ovat melko ravinneköyhiä. Kuormituksen määrä vaihtelee vuosittain ja alueittain. Suurimmillaan turvetuotannon aiheuttama kuormitus on virtaamahuippujen aikana. (Vapo 2012; Ympäristöministeriö 2013)

Rehevöitymistä pidetään suurimpana ongelmana Suomen vesistöille, minkä vuoksi ravinnemäärien seuraaminen myös turvetuotannon aiheuttamissa vesissä on tärkeää. Kuormituksen vähentämistavoitteissa on keskitytty pääasiassa kokonaiskuormituksen vähentämiseen, minkä vuoksi tässäkin työssä tarkastellaan kokonaiskuormituksen reduktioita. Fosfori ja typpi ovat tärkeitä vesistöjen rehevöitymiseen vaikuttavia minimiravinteita. Turvetuotannon merkittävimpänä vesistökuormittajana pidetään kiintoainetta. Valtakunnallisesti tarkasteltuna turvetuotannon aiheuttama kuormitus ei ole kovin suuri, mutta paikallisesti tuotannolla voi olla suurikin vaikutus alapuolisiin vesistöihin, jos esimerkiksi valuma-alueesta iso osa on turvetuotannon käytössä. (Vapo 2012; Jutila H. & Salminen P. 2006; Ympäristöministeriö 2013)

### 4.1 Humus

Humus on erittäin hienojakoista eloperäistä ainesta, joka muodostuu pääosin hajoavasta eläin- ja kasviaineksesta. Sitä muodostuu erityisesti soilla, joilta se myös kulkeutuu valumavesien mukana vesistöihin. Humus on pääasiallinen veden ruskeaan väriin vaikuttava tekijä ja sen määrää seurataan tavallisesti COD<sub>Mn</sub> avulla. COD (Chemical Oxygen Demand) mittaa hapettuvien orgaanisten aineiden määrää vedessä. (Vapo 2012)



## 4.2 Kiintoaine

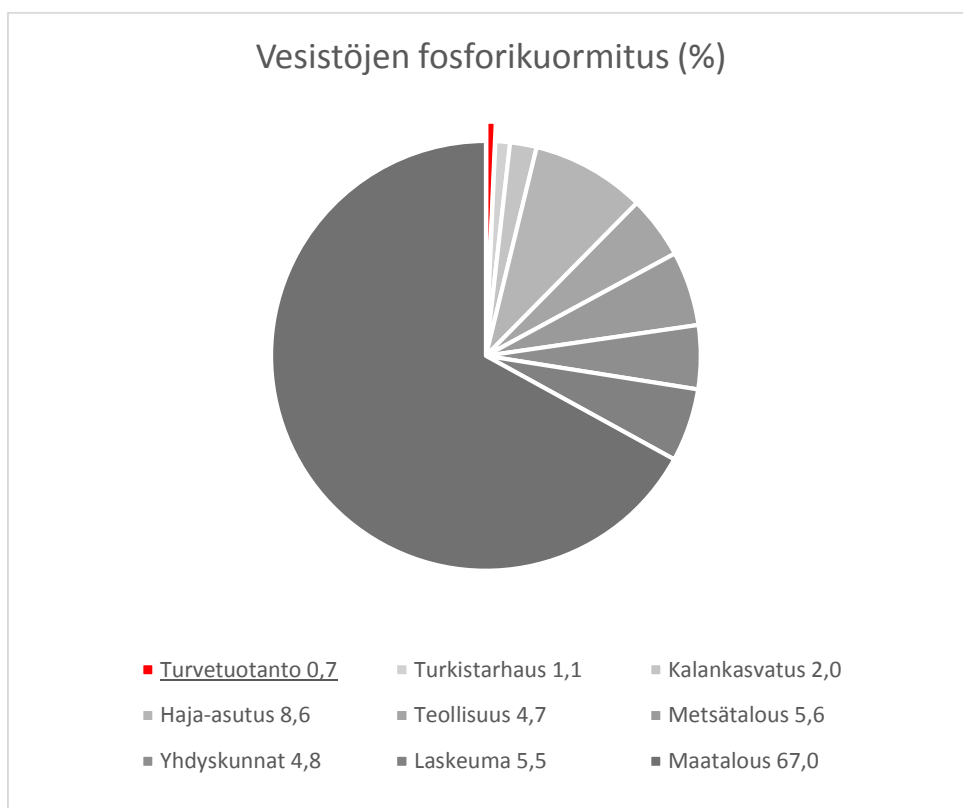
Kiintoaineella tarkoitetaan vedessä olevia yli 0,45µm kokoisia hiukkasia, jotka voivat olla joko orgaanisia tai epäorgaanisia. Kiintoainekuormitus johtuu yleensä turpeen tai sen alaisen mineraalimaan eroosiosta. Myös kunnostustoimet tuotantoalueella aiheuttavat hetkellistä kuormitusta. Tavallisesti kuormitus on suurimmillaan kesän sadehuippujen aikana. (Klöve, B. *et al.* 2011)

## 4.3 Alhainen pH

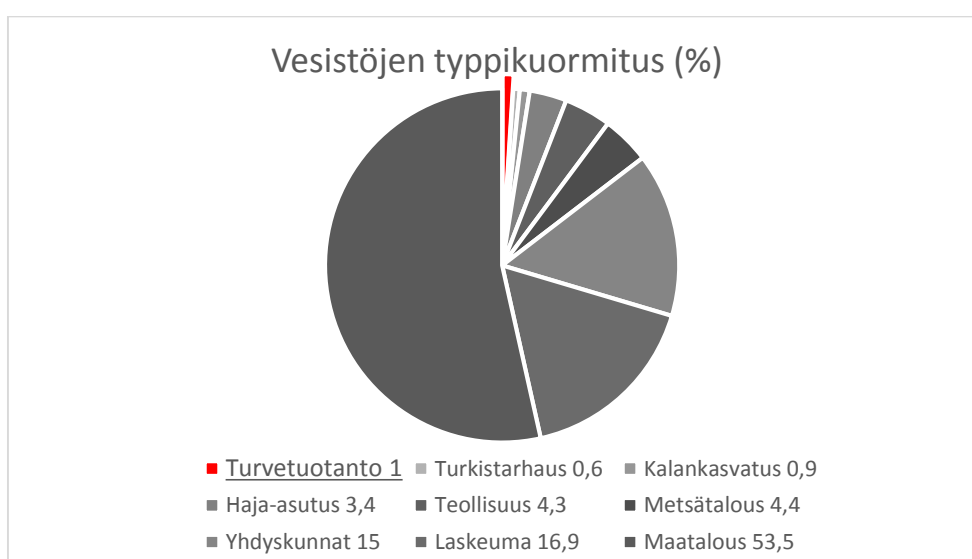
Suomen vesistöissä veden pH on tavallisesti 6,5–6,8. Eliöstö on sopeutunut elämään vesissä, joiden pH on 6–8. Happamoituminen alkaa vaikuttaa jo pH:n laskeessa alle kuuden. Esimerkiksi joidenkin kalalajien lisääntyminen häiriintyy. (Oravainen, R. 1999)

## 4.4 Fosfori- ja typpikuormitus

Sekä fosfori että typpi voivat huuhtoutua joko liukoisessa muodossa tai kiintoaineeseen sitoutuneena. Virtaamien suuruus tuotantoalueen ojissa vaikuttaa ravinteiden huuhtoumaan esimerkiksi ojan pohjalle sedimentoituneen turpeen mukana. Tässä työssä kuormitusta tarkastellaan kokonaisfosforina ja -typpinä eli ravinteiden eri muotoja ei tarkastella erikseen. Fosfori ja typpi ovat Suomessa yleensä minimiravinteita, joten niiden kuormituksen hallinnalla voidaan vähentää alapuolisten vesien rehevöitymistä. Kuvioista 2 ja 3 nähdään, että valtakunnallisesti turvetuotannon aiheuttama kokonaiskuormitus näiden ravinteiden osalta ei ole kovin suuri. (Klöve, B. *et al.* 2011; Vapo 2012)



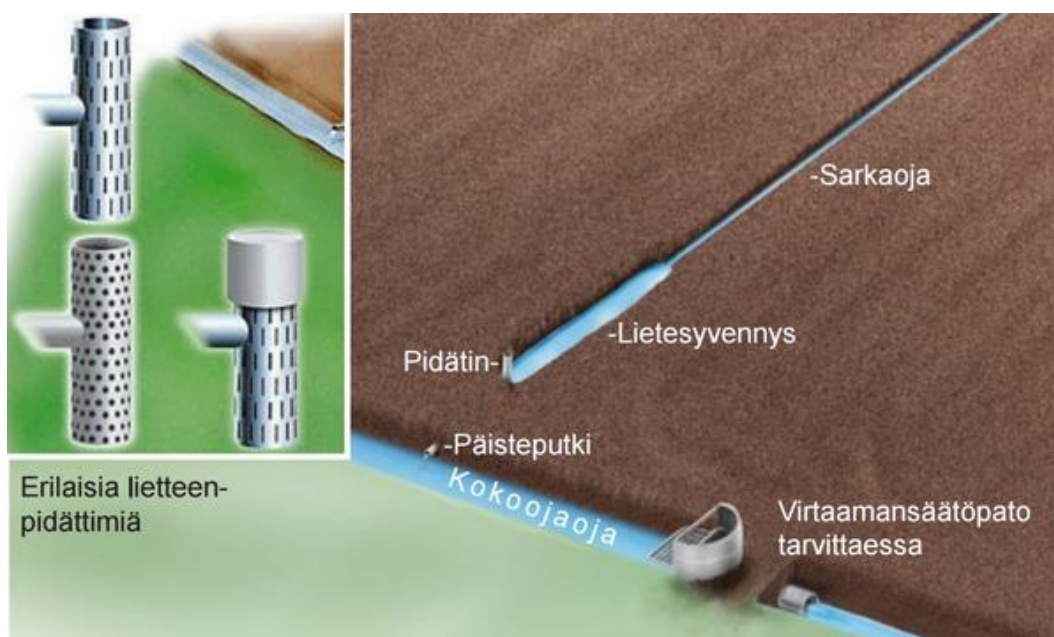
**Kuvio 2.** Vesistöjen fosforikuormitus. Turvetuotannon osuus kokonaiskuormituksesta on 0,7 %. (Vapo 2012)



**Kuvio 3.** Vesistöjen typpikuormitus. Turvetuotannon osuus kokonaiskuormituksesta on 1,0 %. (Vapo 2012)

#### 4.5 Vesienkäsittelyrakenteet

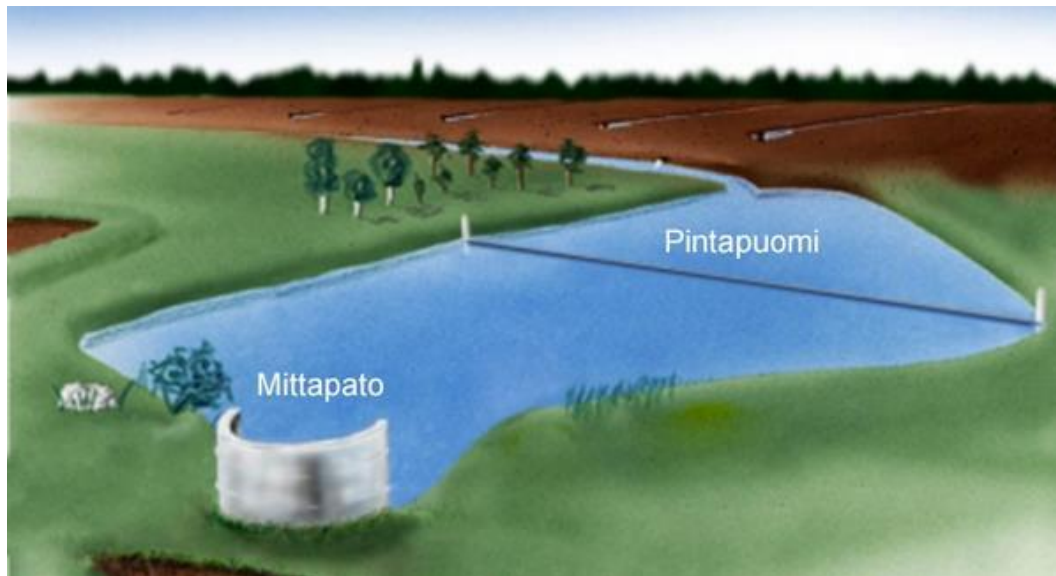
Käytettävä puhdistusmenetelmä määritellään kunkin turvetuotantoalueen ympäristöluvassa tapauskohtaisesti. Kokonaisuudessaan turvetuotannon vesien puhdistus on moniportainen järjestelmä. Se alkaa suolla kulkevista sarkaojista, joiden avulla suo kuivatetaan. Veden mukana kulkeutuva kiintoaine laskeutuu sarkaojien päissä oleviin lietetaskuihin ja lietteenpidättimiin. (Turveinfo 2012)



**Kuvio 4.** Vesienpuhdistuksen perusrakenteita. (Turveteollisuusliitto 2009)

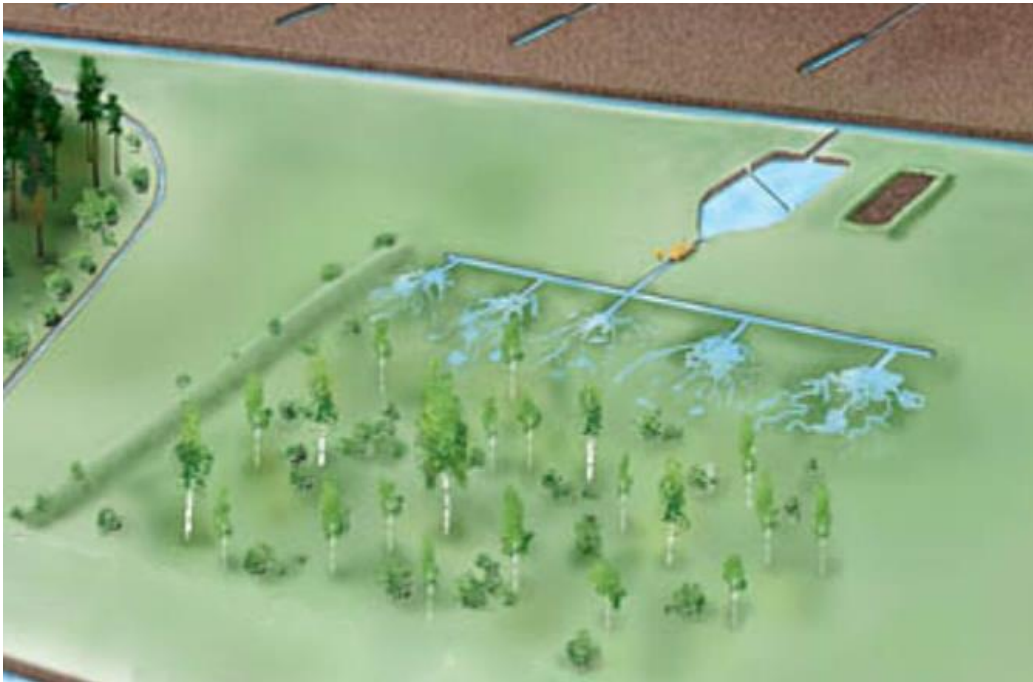
Näiden jälkeen vesi kulkee kokoojaojan mahdollisen virtaamansäätöpadon kautta laskeutusaltaisiin. Virtaamansäätöpato ei ole pakollinen, mutta se estää jo laskeutuneen kiintoaineen kulkeutumista eteenpäin isompien virtaamien aikana. Laskeutusaltaassa veden viive on pidempi kuin aiemmissa rakenteissa, joten kiintoaines laskeutuu tehokkaammin pohjaan. Pinnalla kelluvan kiintoaineen kulkeutuminen

eteenpäin estetään pintapuomilla. Altaan poistopäässä oleva mittapato säätelee eteenpäin pääsevän veden määrää ja lisää samalla veden viivettä. Pohjalle kertyvä liete tyhjätyään erilliselle läjitysalueelle vähintään kerran vuodessa. (Turveinfo 2012; Vapo 2012)



**Kuvio 5.** Laskeutusaltaan pinnalla kelluva pintapuomi pidättää kiintoainetta, ja mittapato säätelee poistettavan veden määrää.

Lopuksi vesi ohjataan pääsääntöisesti kosteikolle, pintavalutuskentälle tai kasvillisuuskentälle, joiden avulla vedestä voidaan poistaa lisää kiintoainetta ja liuenneita ravinteita luonnollista suodattumista ja biologista sitoutumista hyödyntäen. (Turveinfo 2015; Vapo 2012)



**Kuvio 6.** Laskeutusallas ja sen viereinen läjitysalue sekä pintavalutuskenttä, johon vesi pyritään jakamaan tasaisesti useammalla purkautumiskohdalla.

Kemiallinen puhdistus on harvinaisempi menetelmä, vaikka sitä on kehitetty vuodesta 1989 lähtien ja maastokokeilut aloitettu vuonna 1990. Kemiallista puhdistusta käytetään puhdistusketjun lopussa kosteikkojen sijaan. Sitä hyödynnetään harkiten ja lähinnä poikkeustapauksissa, joita voivat olla esimerkiksi erityisen laaja tuotantoalue tai tiukat puhdistusvaateet. Kemikaalien kuljetukseen ja käyttöön liittyy ylimääräisiä ympäristöriskejä, ja ongelmatilanteissa kemikaalit saattavat aiheuttaa jopa vesien pilaantumisen. Lisäksi perustus- ja käyttökustannukset ovat korkeammat kuin muissa menetelmissä. Kemiallinen puhdistus onkin melko vähäisessä käytössä, sillä useimmiten luonnonmukaisilla menetelmillä päästään riittävään puhdistustasoon. (Turveinfo 2015; Madekivi, O. *et al.* 1998; Vapo 2012)

Turvetuotannon vedenlaatua tarkkaillaan monin eri keinoin. Päästötarkkailulla valvotaan tuotantoalueelta lähtevän veden laatua ja määrää. Tällöin vesinäytteet kerätään mittakaivoista tai -padoilta ja tuloksia käytetään kuormituksen lasken-

taan. Lisäksi tarkkaillaan vesienkäsittelyn tehoa eli reduktiota, jolloin näytteet otetaan vesienkäsittelyrakenteen ylä- ja alapuolelta. Vesistötarkkailulla seurataan alapuolisten vesistöjen laatua ja biologisia muuttujia. (Vapo 2014 a.)

## 5 HAUKINEVAN KEMIKALOINTIASEMA

Haukinevan kemikalointiasema sijaitsee tuotantoalueen pohjoisosassa. Ympäristölupa määrää, että laskuojiin 2 (Lyöjysluoma-Haasoja-Seinäjoki-Kyrkösjärvi-Kyrönjoki) ja 9 (Liikaluoma-Hirvijoki-Hirvijärvi-Jalasjoki-Kyrönjoki) johdettavat vedet on käsiteltävä kemiallisesti ympäri vuoden. (Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2006)

### 5.1 Yleisesti

Kemikalointiasemalla on yksi kemikaalisäiliö, jonka yhteydessä on ohjauskeskus. Haukinevalla on käytössä kosketusnäyttöpäätte, jolla ohjataan pumppujen toimintaa. Pääte myös laskee pumppujen käyntiajat ja ilmoittaa mahdolliset vikatiedot. Kemikalointiasema on miehittämätön, mutta asetuksia säädellään manuaalisesti kosketusnäyttöpäätteen kautta.



**Kuvio 7.** Aidattu kemikaalisäiliö ja sen vieressä oleva hätsuihku.





**Kuvio 8.** Pumppukaivot; vasemmanpuoleisiin nostetaan vesi laskeutusaltaasta, välissä olevaan putkeen syötetään ferrisulfaatti ja jälkimmäisessä kaivossa vettä sekoitetaan ennen kuin se pumpataan eteenpäin selkeytysaltaaseen.

Kemikaalipumpun maksimituotto on 38,8 ml/isku ja maksimi-iskutaajuus 150 iskua/min. Pumppujen tuotto on siis 5,82 l/min ja se riittää Haukinevalla hyvin. Talvisin ferrisulfaattia kuluu enemmän, sillä annostelun täytyy olla vähintään 125 g/m<sup>3</sup>. Kesäisin annos on 100–125 g/m<sup>3</sup>. (Vapo 2014 b.)

Tällä hetkellä Haukinevalla on käytössä Kemiran rautapohjainen koagulantti PIX-115. Sen avulla vedestä poistetaan kiintoainetta, orgaanista ainetta ja ravinteita. Haukinevalla on käytössä vesiliukoinen ferrisulfaatti, joten kemikaalia käsitellessä pitää noudattaa erityistä varovaisuutta. Nestemäisessä muodossa oleva ferrisulfaatti on syövyttävää ainetta, joten turvallisuudesta huolehtiminen on kemikalointiasemalla tärkeää. Kemikaalisäiliö on aidattu ja sen portti lukittu. Säiliötä ympäröivässä aidassa on määräysten mukainen varoituskyltti vaarallisesta kemikaalista.





**Kuvio 9.** Varoituskyltti kemikalointiasemalla.

## 5.2 Ongelmat

Kemikalointi on yleisestikin haastava puhdistuskeino turvetuotannossa. Kemikaalien käyttö lisää ympäristön ja vesien pilaantumisen riskiä. Kemikalointiaseman ohjaaminen vaatii erikoisosaamista, jatkuvaa tarkkailua ja se on myös todella häiriöherkkä. Esimerkiksi ukkonen voi aiheuttaa katkoksia atk-ohjatulle järjestelmälle ja aiheuttaa erilaisia häiriöitä.

Haukinevan kemikalointiasema toimii ympärivuotisesti. Säiliöt, putket ja kaivot ovat eristettyjä ja lämmitettyjä, joten kemikaalin syöttö on mahdollista myös pakasella. Kemikaalin viskositeetin muuttuminen ja altaiden jäätyminen voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia puhdistustehoon. (Turveteollisuusliitto 2009)

Kemikalointiaseman annostelulogiikan ohjelma vaatisi tiedot vesivirtaamasta, jotta se voisi laskea tarvittavan ferrimäärän ajoparametreista. Haukinevalla ei kuitenkaan ole tällä hetkellä virtaamamittareita, joten ferrimäärää säädellään manuaalisesti ohjelman COD-arvoa muuttamalla. Käytetyn ferrin määrä täytyy laskea kaavasta:

$$4 \times \text{COD (tuleva vesi)} * \text{vesipumpun virtaama} \rightarrow \text{muunto l/min} \quad (1)$$

Tällä tavalla ongelmaksi muodostuu se, että olosuhteiden muutoksiin on vaikea reagoida riittävän nopeasti tai oikein. Esimerkiksi rankkasateiden aikana virtaama lisääntyy ja ferrisulfaattia tarvittaisiin hetkellisesti enemmän. Työaikojen ulkopuolella kukaan ei ole säätämässä kemikaalin määrää, joten sateet vaikuttavat puhdistustasoon.

Ferrisulfaatti laskee veden pH:ta. Kun puhdistusteho on riittävä, pH on alhainen. Ongelmaa on yritetty ratkaista kemikaalin lisäyksen jälkeisellä kalkkikivipadolla, jolla pyritään nostamaan pH:ta ja vaikuttamaan veden alkaliteettiin. Kalkkikivipadon toimiminen käytännössä on ongelmallinen, koska se vaatisi jatkuvaa pöyhimistä toimiakseen. Lisäksi rauta saostuu kivien pinnalle, mikä ei ole toivottavaa.

## 6 KEMIKALOINTIASEMAN SEURANTA

Opinnäytetyötä varten tehtävä päivittäinen seuranta aloitettiin 19.5.2014. Välipäiviä tuli muutamia, mutta ne eivät olleen työn kannalta merkityksellisiä.

Seurantaa varten tarvittavat vesinäytteet otettiin kolmesta paikasta eli tulevan veden kaivosta, kemikaalin lisäyksen jälkeisestä kaivosta sekä lähtöpadon puhdistetusta vedestä (liite 3). Normaalitilanteessa tuleva ja lähtevä vesi tutkittiin noin kerran viikossa ulkopuolisen näytteenhakijan toimesta. Tämän opinnäytetyön yhteydessä vedenlaatua seurattiin tehostetusti.

Päivittäisessä seurannassa vesinäytteistä mitattiin sameus ja pH. Lisäksi seurattiin järjestelmän asetuksia ja pumppujen käyntiaikoja. Ferrisulfaatin määrää säädeltiin päivittäisten mittausten sekä reduktioarvojen ja sademäärien perusteella. Mittausten tulokset, kemikalointiaseman sen hetkiset asetukset sekä muut tärkeät havainnot kirjattiin Excel-tauluktoon (liite 1).

Taulukkoon 1 on otettu viiden ensimmäisen seurantapäivän tulokset. Ensimmäiselle riville on kirjattu sen hetkinen COD-asetus, jota muuttamalla säädellään syötetyn ferrisulfaatin määrää. Seuraavilla riveillä on atk-järjestelmän keräämä tieto vesi- ja ferrisulfaattipumppujen tuotoista sekä pumppujen käyntiaika edelliseltä vuorokaudelta. Sameus ja pH ovat päivittäisten mittausten tuloksia. Reduktioita varten ulkopuolinen näytteenottaja hakee vesinäytteet noin viikon välein, joten viimeiseksi kirjatut reduktioarvot vaihtelevat näytteenottopäivien tahdissa. Yleisiin huomioihin on kirjattu poikkeustilanteita tai muita tärkeitä huomioita.

**Taulukko 1.** Ote seurantataulukosta.

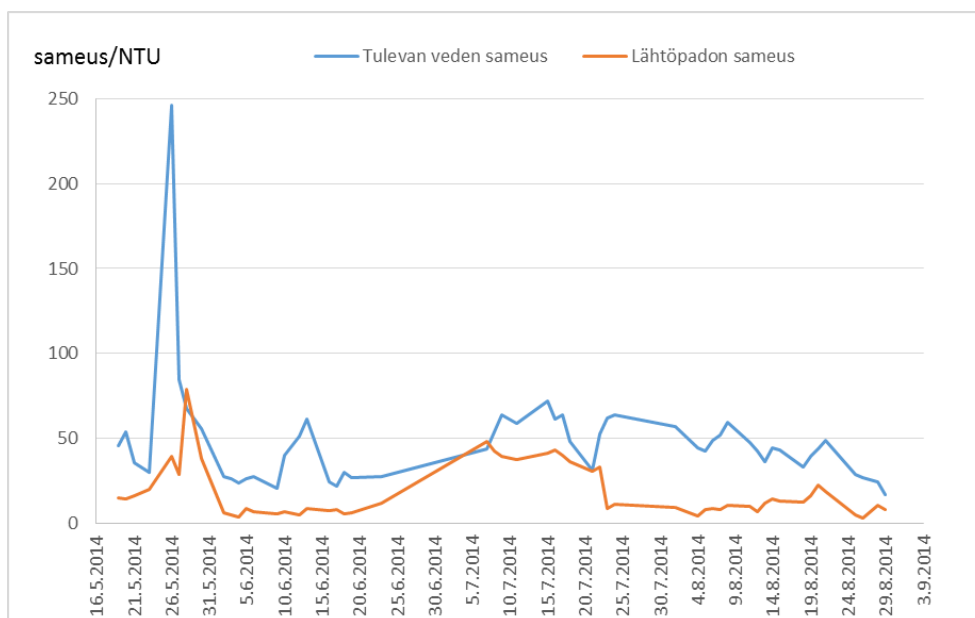
HAUKINEVA	19.5.2014	20.5.2014	21.5.2014	23.5.2014	26.5.2014
COD asetus mg/l	30	30	30	30	60
Vesipumppu 1 tuotto	232	232	232	232	232
Vesipumppu 2 tuotto	232	232	232	232	232
Ferripumppu 1 l/min	0	0	0	0	0
Ferripumppu 2 l/min	1,07	1,07	1,07	1,07	2,15
Käyntiaika (edellinen vrk) pumppu 1	0	0	0	0	0
Käyntiaika (edellinen vrk) pumppu 2	1h 6min	1h 10min	2h 38min	1h 42min	1h 41min
Tulevan veden pH	6,13	6,3	6,45	6,57	5,18
Tulevan veden sameus	45,4	53,8	35,5	29,8	246
Lähtökaivo pH	3,82	4,63	5,17	4,21	3,43
Lähtökaivo sameus	52,9	85,5	62,3	64,8	352
Lähtöpadon pH	4,76	4,51	4,63	4,63	4,05
Lähtöpadon sameus	15	14,1	16	19,8	39
Viimeinen reduktio COD	54,29 %	54,29 %	54,29 %	58,14 %	58,14 %
Viimeinen reduktio fosfori	52,63 %	52,63 %	52,63 %	62,50 %	62,50 %
Viimeinen reduktio typpi	4,55 %	4,55 %	4,55 %	11,11 %	11,11 %
Yleiset huomiot	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Edellisenä yönä satanut 60mm vettä. Ferripumppu 1 poissa käytöstä.

## 6.1 Sameuden seuranta

Sameuden aiheuttavat vedessä olevat hiukkaset, liettynneet aineet sekä lieju, muta ym. epäpuhtaudet. Sen avulla voidaan melko yksinkertaisesti seurata puhdistuksen tehokkuutta. (Karttunen, E *et al.* 2004.)

Sameuden seurannassa käytettiin kannettavaa HACH 2100Q IS -sameusmittaria. Mittari kykenee mittaamaan nopeasti laskeutuvista ja vaikeasti mitattavista näytteistä luotettavia tuloksia. Mittarin tarvitsema näytemäärä on 10 ml, ja käytetty yksikkö on NTU. Kirkkaasta vedestä puhutaan, kun arvo on alle 1,0 NTU. Myös lievästi samea eli 1–5 NTU vesi näyttää silmämääräisesti vielä kirkkaalta. (Hyxo 2015)

Kuviosta 10 nähdään seurannan aikana mitatut sameudet sekä ennen kemikaalin lisäystä otetusta vedestä että laskuojaan johdettavasta puhdistetusta vedestä. Sameus vaihtelee paljon esimerkiksi sademäärien mukaan, koska manuaalisesti ferriin määrää säätelemällä ei pystytä reagoimaan muutoksiin riittävän nopeasti. Muun muassa illat, yöt ja viikonloput menevät sillä asetuksella, joka on työpäivän jälkeen jäänyt voimaan. Varsinkin rankkasateiden aikana veden virtaama lisääntyy oleellisesti ja viive flokin laskeutumiselle lyhenee, minkä vuoksi padolta laskuojaan lähtevä vesi on sameampaa.



**Kuvio 10.** Sameuden seurannan tuloksia.

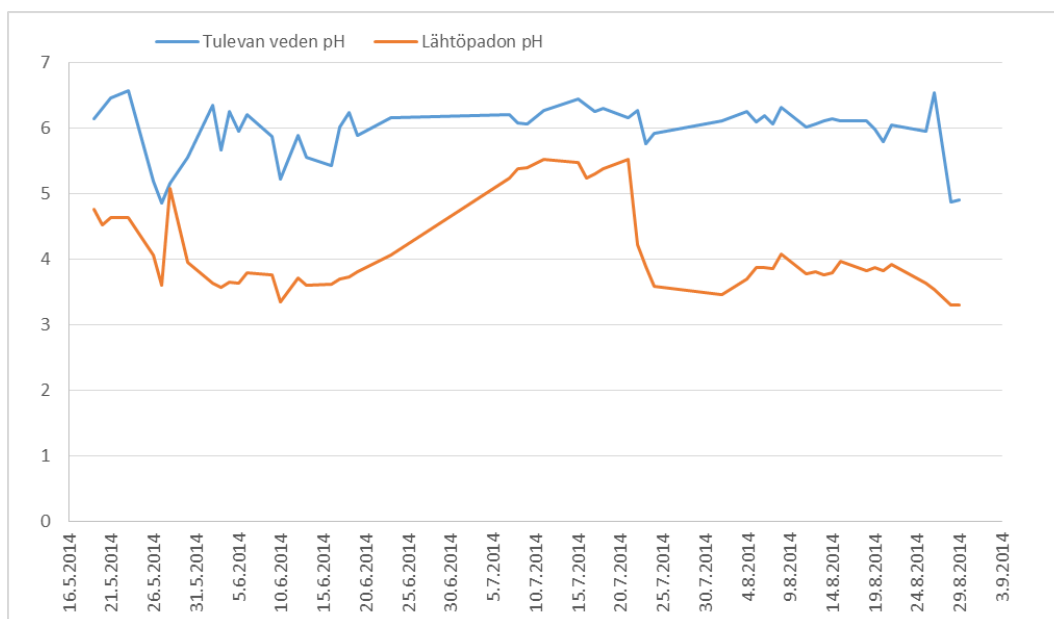
Esimerkiksi korkeimman huipun kohdalla 26.5. oli edellisenä yönä satanut 60 mm vettä. Viive laskeutusaltaaseen oli olematon ja tuleva vesi huomattavasti sameampaa, joten myös puhdistusteho heikkeni. Heinäkuun puolen välin kohdalla lähtevän veden sameus oli korkeammalla, koska pumppujen asennustöiden yhteydessä molemmat kemikaalipumput olivat jääneet pois päältä.

## 6.2 pH:n seuranta

pH kuvaa aineen happamuutta eli vetyionien määrää lukuarvoilla 0...14. Aine on sitä happamampaa mitä pienempi lukuarvo on. Suurilla lukuarvoilla se on emäksistä ja arvolla 7 neutraalia. (Karttunen, E *et al.* 2004)

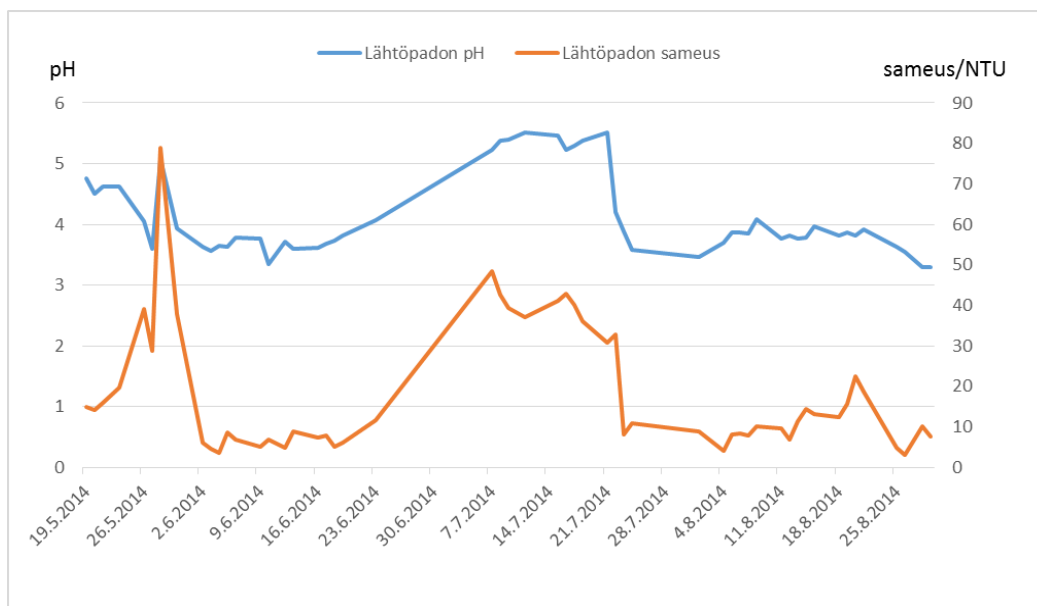
pH:n seurannassa käytettiin kannettavaa Thermo Orion Star A221 -mittaria.

Kuviosta 11 huomataan, että lähtevän veden pH on selkeästi pienempi kuin tulevan veden. Heinäkuun puolivälissä pH:ssa näkyy selkeä piikki samassa kohdassa kuin sameuskäyrässä. Kun pumpput eivät olleet toiminnassa eikä ferriä päässyt veteen, ei pH laskenut yhtä voimakkaasti kuin normaalisti.



**Kuvio 11.** pH:n seurannan tuloksia.

Pelkkää ferrisulfaattia käytettäessä pH:n vaihtelu liittyy selvästi sameuden muutoksiin. Kuviosta 12 voidaan huomata, että lähtevän veden pH- ja sameuskäyrät näyttävät melko samanlaisilta. Kun puhdistusteho muuten on hyvä, pH laskee alhaiseksi pelkällä ferrisulfaatilla.



**Kuvio 12.** Sameuden ja pH:n seurantakäyrät näyttävät melko samanlaisilta.

## 7 KEMIALLINEN FLOKKAUS

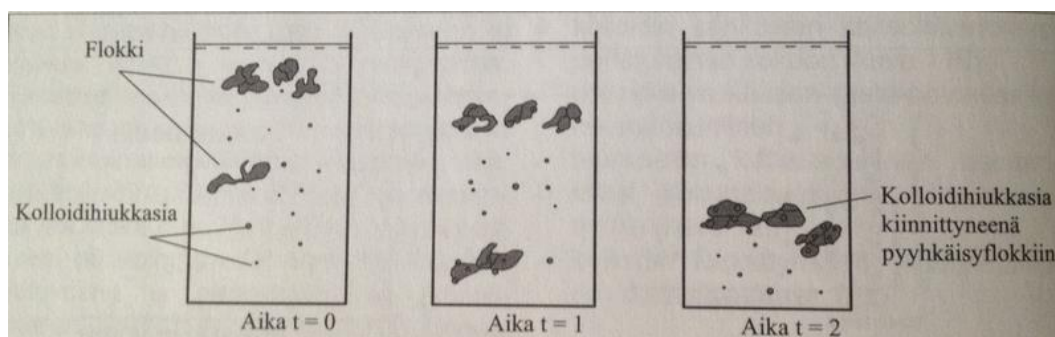
Kemiallista puhdistusta käytettäessä turvetuotannosta aiheutuvat valumavedet pumpataan sekoituskaivoon, minkä yhteydessä veteen lisätään saostuskemikaalia eli tässä työssä ferrisulfaattia. Tämän seurauksena kiintoaines ja liuenneet aineet saostuvat suuremmiksi ja painavimmiksi. Syntynyt sakka painuu painovoiman avulla tehokkaammin laskeutusaltaan pohjaan ja vesi kirkastuu. Puhdistettu vesi kulkee padon kautta laskuojiin ja vesistöön. (Turveinfo 2015; Karttunen, E *et al.* 2004)



**Kuvio 13.** Kemikaalin lisäyksen jälkeen muodostuvaa sakkaa, joka on kuvassa laskeutumassa pullon pohjalle.

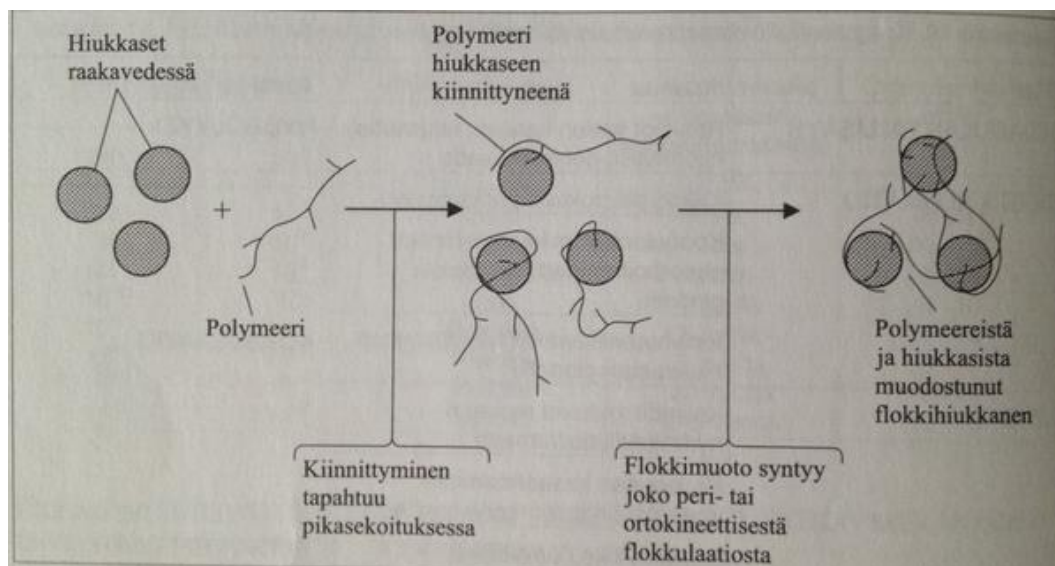


Raudan ja alumiinin yhdisteitä on käytetty jo pitkään vesien puhdistuksessa ja fosforin saostamisessa. Yleensä, myös Haukinevalla, rauta lisätään veteen raudan suoloina kuten esimerkiksi rauta(III)sulfaattina eli ferrisulfaattina. Useimmiten rautaa käytetään liukoisen fosforin saostamiseen, mutta se edesauttaa myös kiintoaineen muodostumista suuremmaksi ja nopeammin laskeutuvaksi flokiksi. (Kaseva, A. 2013)



**Kuvio 14.** Flokin kasvaminen laskeutumisen aikana. (Karttunen, E *et al.* 2004)

Kuvasta 14 nähdään saostusaineen eli tässä ferrisulfaatin lisäyksen jälkeinen tilanne. Kiintoaines ja liuenneet aineet saostuvat suuremmiksi hiutaleiksi eli flokkeiksi, jotka laskeutuessaan kasvavat vielä suuremmiksi. (Kemira 2015)



**Kuvio 15.** Hiukkasten kasvaminen polymeerien avulla (Karttunen, E *et al.* 2004)

Saostuksen jälkeen voidaan tehdä vielä flokkulointi, joka kasvattaa hiutaleita entistä suuremmiksi flokkauskemikaalin avulla. Flokkausaineena käytetään useimmiten sähköisesti varautuneita polymeereja. Kuvassa 15 on havainnollistettu hiukkasten kasvaminen polymeerien avulla. Polymeeri siis sitoo hiukkaset toisiinsa kasvattaen niitä entisestään. (Kemira 2015)

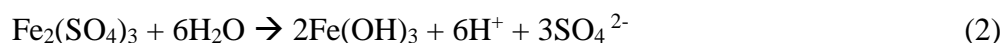
### 7.1 Ferrisulfaatti

Ferrisulfaatti on fosforinpoistoon ja saostukseen käytetty veteen liukeneva suola, jolla edistetään kolloidikokoisten hiukkasten laskeutumista. Sen käyttö fosforin poistossa perustuu ferrisulfaatista vapautuvan kolmiarvoisen raudan ja fosfaatin välisiin reaktioihin. Ferrisulfaatin kemiallinen kaava on  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Sen pH on alle 1 ja tiheys  $1550 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ . (Kemira 2015; Kujala-Räty, K. *et al.* 2008)

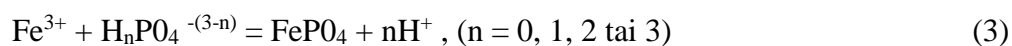
Ferrisulfaattia on saatavilla sekä rakeisena että vesiliuoksena, mutta tässä työssä keskitytään Haukinevalla käytettyyn vesiliuokseen, josta käytetään yleisesti nimitystä nestemäinen ferrisulfaatti.

## 7.2 Kemialliset reaktiot

Kun ferrisulfaatti reagoi veden kanssa eli liukenee, raudan ja sulfaatin väliset sidokset purkautuvat. Reaktiossa vapautuu protoneja, minkä vuoksi veden pH-arvo laskee. Veden ja ferrisulfaatin reaktiot voidaan yksinkertaistaen esittää seuraavalla kaavalla. (Kujala-Räty, K. *et al.* 2008)



Ferrisulfaatista vapautuneet rauta-ionit ( $\text{Fe}^{3+}$ ) reagoivat vedessä muun muassa hydroksyyli- ja fosfaatti-ionien kanssa. Veden ortofosfaatit reagoivat raudan kanssa ja niistä muodostuu niukkaliukoisia yhdisteitä. Nämä reaktiot voidaan pelkistää kirjoittamalla seuraavalla kaavalla. (Kujala-Räty, K. *et al.* 2008)



Vedessä oleva fosfori sitoutuu siis raudan kanssa rautafosfaatiksi ( $\text{FePO}_4$ ). Reaktioiden kannalta kemikaalin tehokas sekoittuminen veteen on tärkeää. Sekoitus myös edesauttaa flokin kasvamista painavammaksi ja nopeammin laskeutuvaksi. (Karttunen, E. *et al.* 2004; Kaseva A. 2013)

## 8 POLYMEERIN LISÄYSKOKEET

Kokeiden tarkoitus oli laboratoriomittakaavassa selvittää sopiva orgaaninen koagulantti tai polymeeri ferrisulfaatin rinnalle tehostamaan flokin muodostumista ja laskeutumista sekä säilyttämään pH-arvo hieman nykyistä korkeampana. Polymerointikokeita tehtiin yhdessä Kemiran kanssa Haukinevan toimistolla 24.6.2014.

Kokeiltavat koagulantit ja polymeerit valittiin niin, että ne voitaisiin annostella yhtäikaa ferrisulfaatin kanssa. Näin välttyttäisiin isoilta rakenteellisilta muutoksilta kemikalointiasemalla ja toisen kemikaalin lisääminen ferrisulfaatin rinnalle olisi mahdollista myös käytännössä.

Näytteet turvesuolta tulevasta vedestä haettiin saman päivän aamuna. Erilaisia puhdistuskokeita tehtiin yhteensä 35 kpl, ja tuleva vesi tutkittiin vertailun lähtökohdaksi.



**Kuvio 14.** Koejärjestelyjä; kuvassa näkyvät litran näyteastiat, miniflokkulaattorit, sameusmittari sekä pienet näytepullot Kemiralle lähteviä näytteitä varten.

Laskeutuskokeet tehtiin Kemiran miniflokkulaattorilla yhden litran erissä. Vesi-näytteet mitattiin mittalasiin, ja kemikaalit lisättiin 10 sekunnin nopean sekoituksen (400rpm) aikana. Sen jälkeen näytteitä hämmennettiin viiden minuutin ajan 40 rpm:n nopeudella ja lopuksi niiden annettiin laskeutua 15 minuutin ajan. Näytteistä mitattiin paikan päällä pH kemikaalien lisäyksen jälkeen ja pintaveden sameus laskeutuksen jälkeen. TOC-analyyseja varten näytteistä suodatettiin vielä 0,45µm -suodattimella erillinen näyte. Lisäksi analysoitiin parhaimpien näytteiden kokonaisfosfori, TOC (Total Organic Carbon eli orgaaninen kokonaishiili), kiintoaine (SS), COD<sub>Mn</sub> ja kokonaistyppeä.



**Kuvio 15.** Ferrisulfaatin ja polymeerin yhtäikainen lisäys koetilanteessa.



**Kuvio 16.** TOC-analyyseja varten vedestä suodatettiin 0,45 $\mu$ m suodattimella erillinen näyte.

Ferrisulfaatin rinnalle testattiin kaikkiaan kuutta eri kemikaalia. Orgaanisista koagulanteista kokeiltavina olivat Kemiran Superfloc C577 ja C592. Polymeereistä kokeiltavina olivat Superfloc A100, Superfloc N100 sekä Superfloc C491. Lisäksi testattiin myös  $\text{CaCl}_2$ .

## 9 TULOSTEN ANALYSOINTI

Kokeiden perusteella ferrisulfaatin rinnalla toimi parhaiten orgaaninen koagulantti Superfloc C577. Se on polyamiini eli lyhytketjuinen vesiliukoinen polymeeri, joka on positiivisesti varautunut ja molekyylipainoltaan keskitasoa. Käyttämällä näitä kahta tuotetta yhdessä, päästiin parempiin tuloksiin kuin pelkkää PIX-115 käyttämällä. Kemikaalien yhdistelmää käytettäessä ferrisulfaatin määrää voitiin laskea nykyisestä jopa 50 ppm, jolloin tarvittava C577:n määrä oli 30–40 ppm. Kaikki mittaustulokset ovat liitteenä 2.

### 9.1 Tuloksia taulukoissa

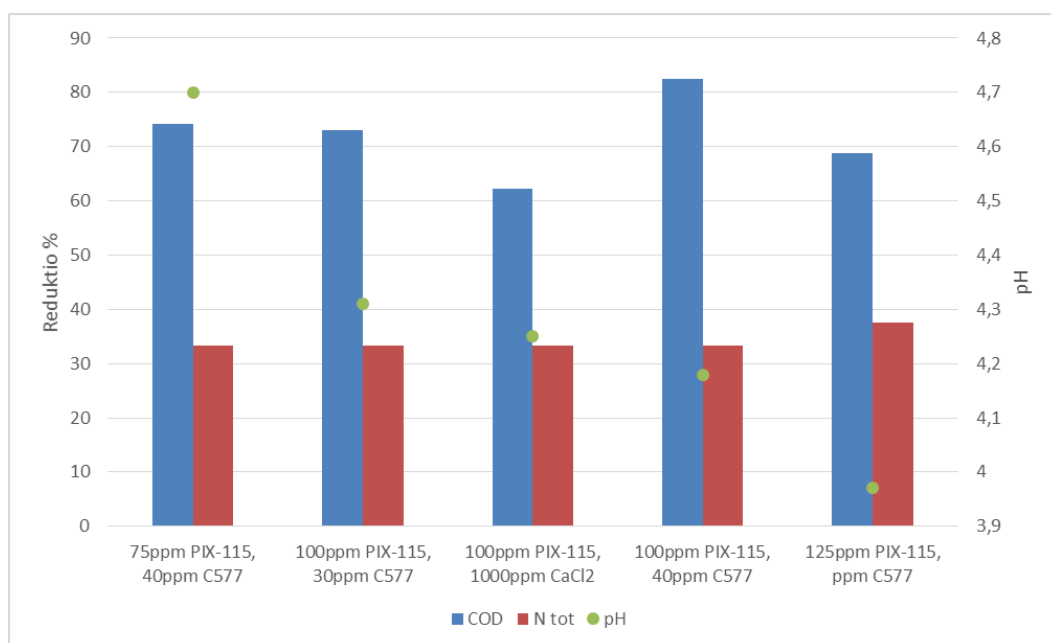
Taulukossa 2 on esitetty viisi parasta koepistettä sekä lähtevän veden eli kokeen 36 mittaustulokset. Ferrisulfaatin määrä vaihtelee 75–125 ppm välillä eli parhaimmillaan ferrisulfaattia voitiin käyttää 50 ppm nykyistä vähemmän. C577 oli käytössä kolmessa kokeessa. Kokeessa 25 ferrisulfaatin rinnalle lisättiin 1000 ppm kalsiumkloridia  $\text{CaCl}_2$ . Myös sillä pystyttiin hieman tehostamaan flokin muodostusta (kokeet 28 ja 25), mutta sameuden ja kiintoaineen osalta tulokset olivat lähes samoja kuin käytettäessä pelkkää ferrisulfaattia 125 ppm.

**Taulukko 2.** Viiden parhaan koepisteen tulokset samassa taulukossa.

Koe nro	PIX-115 ppm	Flokkulantti ppm	pH	Sameus, NTU	CODMn		KMnO <sub>4</sub> luku	TOC		SS		N tot		P tot	
					mg/l	red. %		mg/l	red. %	mg/l	red. %	mg/l	red. %	mg/l	red. %
Viranomaisraja-arvot					60							30		60	
36			4,2	13	38,48	67	152	19,9	74	23	-188	1,5	38	<0,05	>58
24	75	C577	4,7	3,7	29,92	74	118,18	19,4	74	4	50	1,6	33	<0,05	>58
10	100	C577	4,31	6,13	31,28	73	123,56	17,8	76	9	-13	1,6	33	<0,05	>58
25	100		4,25	9,76	43,84	62	173,2	23,7	69	14	-75	1,6	33	<0,05	>58
31	100	C577	4,18	1,66	20,4	82	80,58	15,9	79	2	75	1,6	33	<0,05	>58
5	125		3,97	8,38	36,1	69	142,5	18,9	75	12	-50	1,5	38	<0,05	>58

Kuviossa 17 on esitetty viisi toimivinta yhdistelmää rinnakkain. Reduktiovaateet täyttyvät jokaisessa. Kokonaistypen puhdistusteho pysyy jokaisessa 30–40 % välillä eli vaihtelu on melko pientä. Orgaanisen kiintoaineen eli CODin puhdistuste-

ho vaihtelee enemmän, mutta jokainen yhdistelmä täyttää reduktiovaateen. Merkittävin ero on pH-arvossa, jonka pitäminen korkeampana osoittautui yllättävän haastavaksi. Vertailusta puuttuu kokonaisfosfori, koska sen määrittämissä oli 0,05 mg/l. Tulevan veden fosforipitoisuus oli niin alhainen, että reduktiota ei voitu ilmoittaa tarkemmin kuin >58%. Tarkemman tiedon puuttuessa kokonaisfosfori jätettiin pois tästä vertailusta.



**Kuvio 17.** Parhaiden yhdistelmien tulokset. Oikeanpuolimmainen vastaa nykytilaa, jossa on käytössä pelkkä ferrisulfaatti.

Monessa koe-erässä kiintoaineen määrä oli suurempi kuin tulevassa vedessä (koe 1) eli tilanteessa ennen puhdistusta. Syy tälle on todennäköisesti se, että osa muodostuneesta rautahydroksidisakasta on jäänyt todella pieniksi partikkeleiksi eikä ole laskeutunut 15 minuutissa.



**Taulukko 3.** Useassa kokeessa kiintoainepitoisuus oli suurempi kuin lähtötilanteessa.

Koe nro	PIX-115 ppm	Flokkulantti ppm		SS	
				mg/l	red. %
36				23	-188
24	75	C577	40	4	50
10	100	C577	30	9	-13
25	100			14	-75
31	100	C577	40	2	75
5	125			12	-50
28	50	C577	40	11	-38
15	75	C577	40	25	-213
27	50	C577	40	33	-313
1 (tuleva vesi)				8	

COD<sub>Mn</sub>-analyysi tehtiin suodattamattomasta, kirkastetusta vedestä ja TOC-analyysi suodatetusta. COD<sub>Mn</sub> on analyysinä häiriöherkempi kuin TOC, mikä saattaa selittää suuret eroavaisuudet näiden tuloksissa. Varsinkin kokeissa 27 ja 15 TOC-reduktio oli suurempi kuin COD<sub>Mn</sub>-reduktio.

**Taulukko 4.** Erityisesti kokeiden 27 ja 15 reduktioarvot erosivat toisistaan paljon.

Koe nro	PIX-115 ppm	Flokkulantti ppm		CODMn mg/l      red. %		TOC mg/l      red. %	
Viranomaisraja-arvot				60			
36				38,48	67	19,9	74
24	75	C577	40	29,92	74	19,4	74
10	100	C577	30	31,28	73	17,8	76
25	100			43,84	62	23,7	69
31	100	C577	40	20,4	82	15,9	79
5	125			36,1	69	18,9	75
28	50	C577	40	45,36	61	26,9	64
15	75	C577	40	56,32	51	19,9	74
27	50	C577	40	95,2	18	31,1	59
1				116		75.5	

Taulukossa 5 on esitetty lähtevän veden ja sen hetkistä tilannetta vastaava koepiste 5. Kemikalointiaseman ferrisulfaattimäärä on siis käytännössä 125 ppm, jota käytettiin myös kokeessa 5. Lähtevän veden sameus, pH ja kiintoainepitoisuus ovat hieman korkeampia eli flokki ei isommassa mittakaavassa laskeudu yhtä hyvin kuin laboratoriomittakaavassa. Muuten reduktioarvot vastaavat hyvin toisiaan.

**Taulukko 5.** Lähtevän veden sameus, pH ja kiintoainepitoisuus ovat hieman korkeampia kuin vertailukokeessa.

Koe nro	PIX-115 ppm	Flokkulantti ppm	pH	Sameus, NTU	CODMn		KMnO4 luku	TOC		SS		N tot		P tot	
					mg/l	red. %		mg/l	red. %	mg/l	red. %	mg/l	red. %	mg/l	red. %
Viranomaisraja-arvot					60							30		60	
36 (lähtevä vesi)			4,2	13	38,48	67	152	19,9	74	23	-188	1,5	38	<0,05	>58
5	125		3,97	8,38	36,1	69	142,5	18,9	75	12	-50	1,5	38	<0,05	>58

## 9.2 Kustannukset

Yleisesti tarkasteltuna polymeerit ovat huomattavasti kalliimpia kuin ferrisulfaatti. Jos Haukinevalla otettaisiin käyttöön ferrisulfaatin ja polymeerin yhdistelmä, kustannukset todennäköisesti kasvaisivat. Ferrisulfaatin hinta Haukinevan säiliöön toimitettuna on 196 e/tn. Superfloc C577:n hinnaksi kerrotaan n. 1,8 e/kg eli tuhannelle kilolle hinta olisi noin 1800 euroa. Toisaalta ferrisulfaatin kulutus voisi tämän tutkimuksen mukaan vähentyä jopa 40 %. Lisäksi käytetyt polymeerimäärät ovat pieniä, sillä tässäkin työssä käytetty C577 oli etukäteen laimennettua.

Tarkkaa kustannusarviota on kuitenkin mahdotonta arvioida tähän työhön saatujen hintatietojen perusteella.

## 10 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä selvitettiin, voisiko Haukinevan turvetuotantoalueen kemiallista puhdistusta tehostaa käyttämällä polymeereja ferrisulfaatin rinnalla. Erityistä huomiota kiinnitettiin pH:n säilyttämiseen nykyistä korkeampana. pH:n ja puhdistuksen nykytilannetta seurattiin päivittäin tehdyillä pH- ja sameusmittauksilla, mikä auttoi myös huomaamaan kemikaalin annostelun vaikeuden nykyisellä ATK-järjestelmällä.

Polymeerien sopivuutta ferrisulfaatin rinnalle testattiin laboratoriomittakaavassa, minkä jälkeen voitiin todeta Kemiran Superfloc C577 parhaiten toimivaksi. Typhen, fosforin ja COD:n osalta reduktiovaateet täyttyivät. Myös pH säilyi korkeampana kuin pelkkää ferrisulfaattia käytettäessä, joten toivottuihin tuloksiin päästiin.

Molempien kemikaalien käyttö olisi mahdollista myös käytännössä. Suuria rakenteellisia muutoksia ei tarvitse tehdä, koska kemikaaleista on mahdollista saada valmis sekoitus nykyiseen säiliöön toimitettuna. Hinnaltaan polymeerit ovat huomattavasti kalliimpia, joten kustannukset todennäköisesti kasvaisivat. Toisaalta ferrisulfaattia tarvitaan jopa 40 % nykyistä vähemmän ja polymeerien annostelumäärät ovat pienempiä eli nämä tasaavat kustannusten nousua.

Tämän tutkimuksen perusteella voisi sanoa, että orgaanisen koagulantin Superfloc C577 avulla olisi mahdollista päästä parempaan lopputulokseen Haukinevalla. Olemassa olevilla rakenteilla flokin muodostumista ja laskeutumista saataisiin tehostettua ja pH säilytettyä samalla korkeampana. Jos lupaehdot tiukentuvat entisestään, on viimeistään silloin mietittävä uusia ratkaisuja kemikalointiaseman toimintaan.

## LÄHTEET

Aluehallintovirasto. 2013. Ympäristölupapäätös 135/2013/1. Vaasa.

Bioenergia ry. 2015. Verkkosivut. Viitattu 17.4.2015.

[http://www.bioenergia.fi/Tietoa\\_turve-energiasta](http://www.bioenergia.fi/Tietoa_turve-energiasta)

GTK Geologian tutkimuskeskus. 2015. Verkkosivut. Viitattu 25.5.2015.

<http://www.gtk.fi/>

Hyxo Oy. 2015. Kannettava sameusmittari 2100Q ja 2100QIS. Esite. Viitattu 21.4.2015.

<http://www.hyx.fi/products/documents/4fdb2d7646f08/Kannettavasameusmittari2100QFIN.pdf>

Jutila, H. & Salminen, P. 2006. Hämeenlinnan Katumajärven tila ja kuormitus.

Viitattu 22.4.2014. <https://www.hameenlinna.fi/pages/67512/julkaisu2.pdf>

Karttunen, E *et al.* 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Vammala. Suomen rakennusinsinööriliitto RIL ry.

Kaseva A. 2013. Maatalouden valumavesien ferrisulfaattikäsittely. Insinööritoimisto. Turun ammattikorkeakoulu, ympäristöteknologia.

Kemira Oyj. 2014. Sisäinen asiakasraportti 2014.

Kemira Oyj. 2015. Verkkosivut. Viitattu 25.5.2015.

<http://www.kemira.com/en/pages/default.aspx>

Klöve, B., Tuukkanen, T., Marttila, H., Postila, H. & Heikkinen, K. 2011. Turvetuotannon kuormitus. Oulu.

Kujala-Räty, K., Mattila, H. & Santala, E. 2008. Haja-asutusalueiden vesihuolto. Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna.

Länsi-Suomen ympäristölupavirasto. 2006. Ympäristölupapäätös 37/2006/4. Helsinki.

Madekivi, O., Hiljanen, R. & Marja-aho, J. 1998. Kemiallinen vedenpuhdistus kuivatusvesien puhdistusmenetelmänä. Vapo Oy.

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. KVVY Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Tampere.

Turveteollisuusliitto. 2009. Turvetuotannon vesienpuhdistusmenetelmät. Jyväskylä.

Turveinfo. 2015. Verkkosivut. Viitattu 19.4.2015. <http://www.turveinfo.fi/>

Vapo Oy. 2005. Arviointiselostus 2005. Haukinevan eteläosan turvetuotanto, Jallasjärvi ja Peräseinäjoki.

Vapo Oy. 2012. Turvetuotanto ja vesistövaikutukset. Esite. Jyväskylä.

Vapo Oy. 2014 a. Vuosikertomus 2013/2014.

Vapo Oy. 2014 b. Haukineva vuosi 2014. Sisäinen raportti.

Vapo Oy. 2015. Verkkosivut. Viitattu 20.4.2015. <http://www.vapo.fi/>

Ympäristöministeriö. 2013. Turvetuotannon ympäristönsuojeluohje. Ympäristöhallinnon ohjeita.



# LIITE 1

9.6.2014	10.6.2014	12.6.2014	13.6.2014	16.6.2014	17.6.2014	18.6.2014	19.6.2014	23.6.2014	7.7.2014	8.7.2014	9.7.2014	11.7.2014	15.7.2014	16.7.2014	17.7.2014	18.7.2014
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	60	60	60	40
232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232
232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,43	1,43	1,43	1,43	2,15	2,15	2,15	1,43
1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	2,15	2,15	2,15	1,43
0	0	0	0	0	0	0	0	0	38min	38min	20min	19min	18min	30min	19min	25min
0	6h 32min	3h 27min	12h 59min	13h 12min	5h 47min	3h 54min	3h 50min	2h 1min	38min	19min	30min	19min	18min	22min	28min	20min
5,87	5,22	5,88	5,55	5,43	6,01	6,23	5,88	6,15	6,2	6,07	6,05	6,26	6,43	6,35	6,24	6,3
20,5	39,8	51,2	61	24,4	22	29,8	26,5	27,1	43,5	53,7	63,8	58,6	72,2	61,4	63,5	47,9
1,57	3,61	3,6	3,68	3,65	3,75	3,91	3,7	4,33	5,22	5,14	5,32	4,68	6,29	4,03	4,69	4,74
62,6	108	116	133	82,1	72,8	77,1	93,2	80,6	72,8	90,3	88,1	130	77,7	171	142	118
3,76	3,34	3,71	3,59	3,62	3,69	3,73	3,81	4,06	5,23	5,38	5,39	5,51	5,47	5,23	5,29	5,37
5,16	6,95	4,92	8,8	7,29	7,81	5,13	6,12	11,7	48,3	42,7	39,4	37,2	41,2	43	40,2	36,2
78,18 %	78,18 %	78,18 %	78,18 %	78,18 %	78,18 %	67 %	67 %	67 %	69,29 %	69,29 %	69,29 %	69,29 %	69,29 %	69,29 %	36,92 %	36,92 %
86,36 %	86,36 %	86,36 %	86,36 %	86,36 %	86,36 %	74,16 %	74,16 %	74,16 %	53,33 %	53,33 %	53,33 %	53,33 %	53,33 %	53,33 %	51,18 %	51,18 %
48,15 %	48,15 %	48,15 %	48,15 %	48,15 %	48,15 %	34,48 %	34,48 %	34,48 %	34,29 %	34,29 %	34,29 %	34,29 %	34,29 %	34,29 %	-4,35 %	-4,35 %
Vesipumppu 2 vikatilassa (ukkonen) ja ferripumppu käynnissä; lähtökaivossa paljon ferriä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä	Ferripumppu 1 tukossa / poissa käytöstä					Ferripumppu 2 oli jäänyt ilmeisesti vesipumppu 1:n asennuksessa pois päältä. Nyt pitäisi taas toimia.	Flokkia muodostuu näytteenottopuoloon jo todella hyvin		

# LIITE 1

21.7.2014	22.7.2014	23.7.2014	24.7.2014	1.8.2014	4.8.2014	5.8.2014	6.8.2014	7.8.2014	8.8.2014	11.8.2014	12.8.2014	13.8.2014	14.8.2014	15.8.2014	18.8.2014	19.8.2014	20.8.2014	21.8.2014	25.8.2014	26.8.2014	28.8.2014	29.8.2014
60	60	60	50	50	50	50	50	50	40	50	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60
232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232
232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232
2,15	2,15	2,15	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,43	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
2,15	2,15	2,15	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,43	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
0min	1h 9min	19min	11min	1h 9min	54min	35min	27min	11min	27min	1h 30min	1h 3min	1h 2min	1h 3min	39min	1h 12min	54min	53min	1h 13min	2h 1min	2h 25min	20h 46min	
0min	49min	10min	19min	10min	0min	0min	0min	0min	0min	0min	0min	4min	0min	0min	0min	0min	0min	0min	0min	0min	0min	
6,16	6,26	5,75	5,92	6,1	6,25	6,09	6,19	6,06	6,31	6,01	6,06	6,1	6,13	6,11	6,1	5,97	5,79	6,04	5,94	6,54	4,86	4,9
31,1	52,4	62,1	63,6	56,8	44,4	42,7	48,4	51,9	59,5	47,5	42,4	36,3	44,6	42,9	32,8	39,4	43,8	48,4	28,9	26,9	24,1	16,6
3,03	3,1	3,71	4,26	3,09	3,42	3,36	3,92	4,26	3,51	3,51	3,48	3,55	3,54	3,55	3,5	3,41	3,46	3,39	3,21	3,27	3,18	3,2
385	189	165	161	187	134	132	124	126	142	136	136	118	141	127	122	128	137	135	115	120	103	91,9
5,52	4,21	3,89	3,58	3,46	3,7	3,87	3,86	3,85	4,08	3,77	3,81	3,76	3,79	3,96	3,82	3,86	3,82	3,91	3,63	3,54	3,29	3,3
30,7	32,7	8,23	10,8	8,98	4,09	8,22	8,47	7,88	10,2	9,53	6,76	11,4	14,3	13,2	12,5	15,8	22,5	18,8	4,86	2,96	10,2	7,66
36,92 %	36,92 %	36,92 %	36,92 %	88,82 %	88,82 %	88,82 %	88,82 %	88,82 %	88,82 %	88,82 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %	88,75 %
51,18 %	51,18 %	51,18 %	51,18 %	92,92 %	92,92 %	92,92 %	92,92 %	92,92 %	92,92 %	92,92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %	92 %
-4,35 %	-4,35 %	-4,35 %	-4,35 %	54,84 %	54,84 %	54,84 %	54,84 %	54,84 %	54,84 %	54,84 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %	62,22 %
Vesipumput olivat jääneet käsikäytölle eli eivät ole pyörineet viikonloppuna ollenkaan.				Virtaamamittari asennettu linjaan 1 edellisenä päivänä. Toistaiseksi vain pumpput 1 käytössä.																		Kovat sateet tällä viikolla



## LIITE 2 Polymeerien lisäyskokeiden kaikki tulokset

[illegible]

### LIITE 3 Kuvia kemikalointiasemalta



1. Laskeutusallas kemikalointiaseman reunalla. Suolta tuleva vesi valuu tähän altaaseen ja lähtee veden alla olevien pumppujen kautta pumppukaivoon. Tämä oli seurannan ensimmäinen näytteenottoaikka.



2. Edellinen allas jää ikään kuin kuvaajan selän taakse. Vesi nousee etummaisiiin kaivoihin, joiden jälkeisissä putkissa lisätään kemikaali. Taaemmassa kaivossa vesi ja kemikaali sekoitetaan (näytteenottoaikka 2), jonka jälkeen vesi kulkee selkeytysaltaaseen.





3. Pintapuomi pidättää kovan virtaaman aikana muodostunutta vaahtoa.



4. Kalkkikivipato selkeytsaltaiden välissä.





5. Laskeutusallas, jonka päässä vasemmalla näkyvät lähtöpadot.



6. Lähtöpadot (näytteenottoaikka 3), joista kirkastunut pintavesi lähtee alapuolisiin vesistöihin.